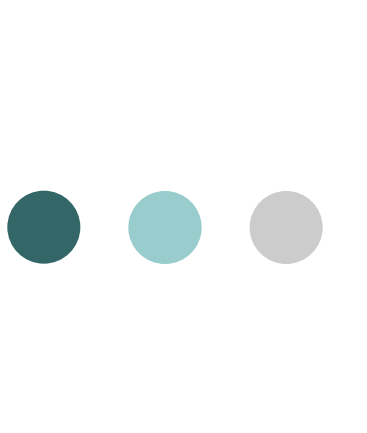




QUÍMICA VERDE: Aspectos Conceituais e Práticos

M.Sc. Ellen Guimarães Duarte Dias

Profa. no CEFET-RJ

Diretora-Presidente da ABQ-RJ

Coordenadora do Núcleo de Meio Ambiente do IFV

7º SIMPEQUI

NATAL – 26 de Julho de 2010

QUÍMICA NOSSA VIDA, NOSSO FUTURO.

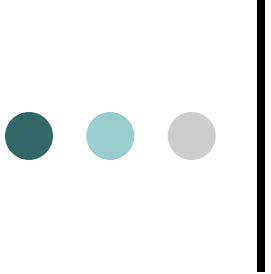


International Year of
CHEMISTRY
2011

*"A coisa mais indispensável ao
ser humano é reconhecer
o uso que deve fazer
do seu próprio conhecimento."*

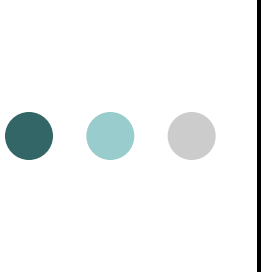
Platão 427-347 A.C.





Abordagem

- Compreensão do atual cenário
- Conceitos x Prática
- Interrelações ciência e sociedade
- Experimentos x Cotidiano
- Conclusões



Premissas

- ❑ Os novos paradigmas tecnológicos e sociais que definem um ***comportamento compatível com os princípios de sustentabilidade humana.***
- ❑ ***A química verde*** como fundamento de integração dos setores acadêmico, industrial e sociedade para priorizar processos, que levam em conta considerações **sócioambientais**.

Cenários Críticos

- **altas taxas de concentração urbana;**
- **condições de vida extremamente precárias –**
desigualdade social.

No Brasil, > 100 Milhões não tem rede de esgoto.

18 milhões não tem banheiro em casa.

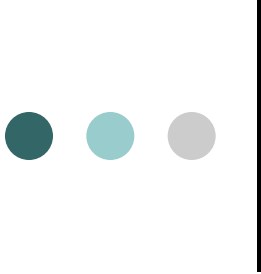
Fonte: pesquisa TrataBrasil/FGV, 2007.

6 bilhões de habitantes $\Rightarrow$ + 9,0 bilhões 2060

Já consumimos mais do
que a Terra pode nos
fornecer.

Já estamos no vermelho.





Ecological Debt Day / Earth Overshoot Day

Em 1987, o ano do primeiro *Ecological Debt Day*, ocorreu no meio de dezembro.

Em 1995 – 21 de novembro.

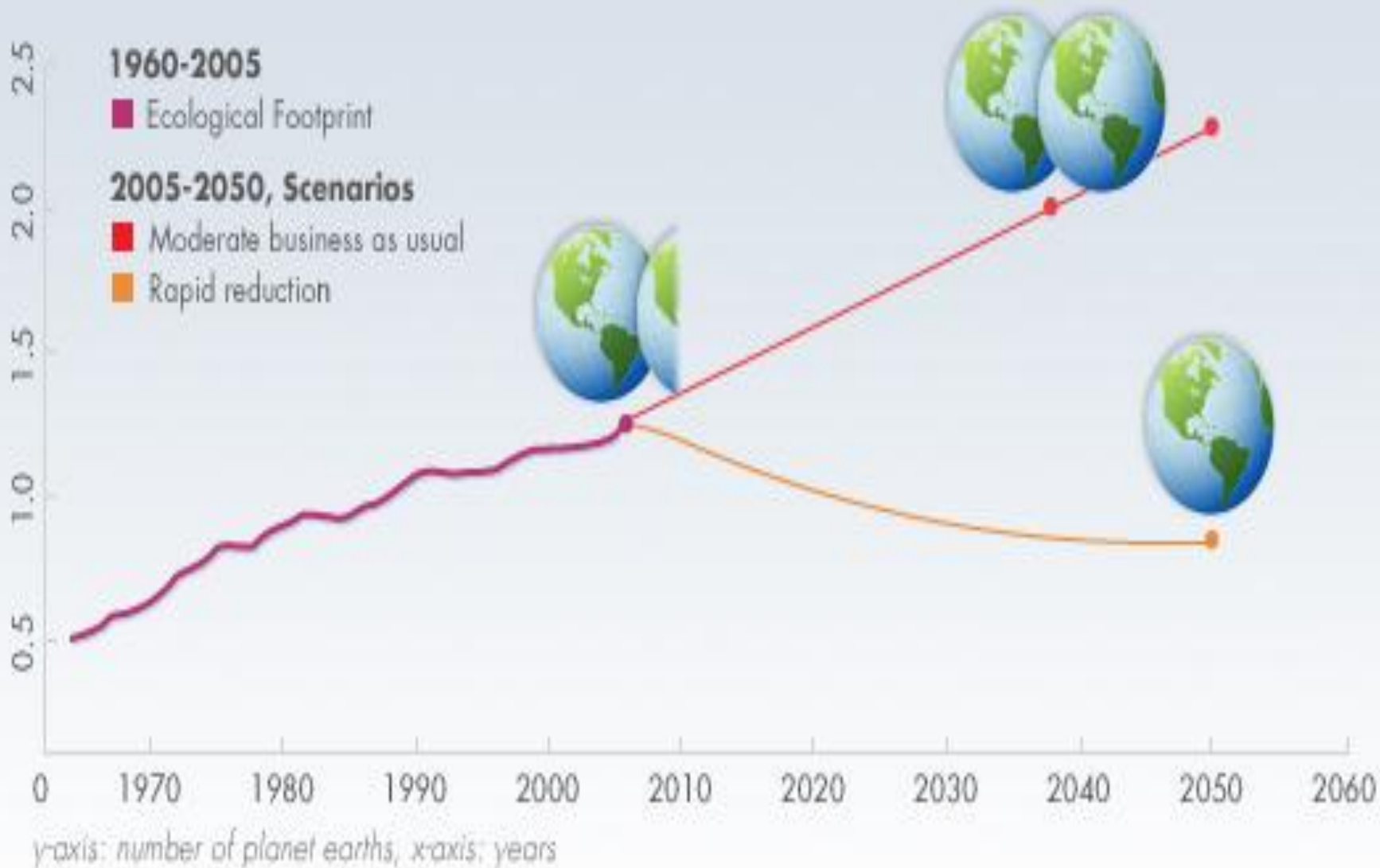
Em 2007 – 06 de outubro;

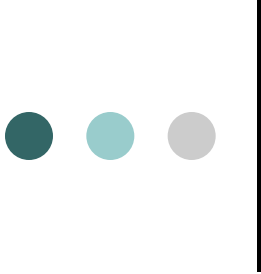
Em 2008 – 23 de setembro;

Em 2009 – 25 de setembro.

Consumimos 1,4 Planetas em 2009.

Fonte: <http://www.footprintnetwork.org>



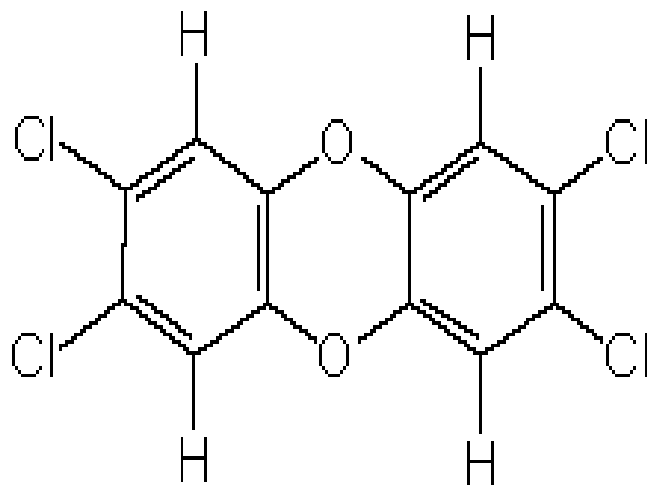


Problemas atuais...

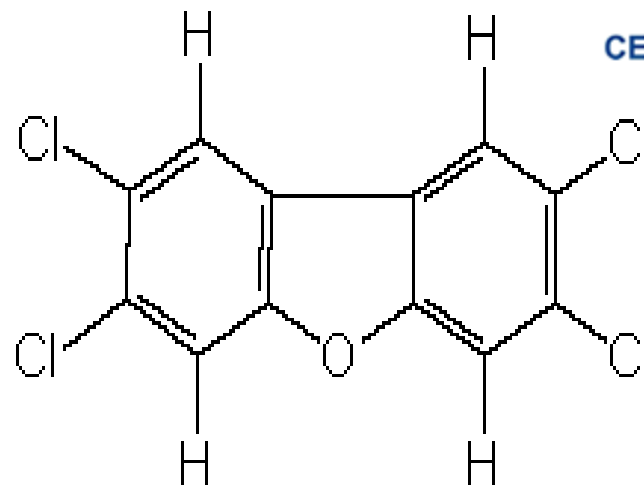
1. As **sociedades tecnológicas modernas** são parte de um **sistema global de produção e consumo**, e são **agentes de dispersão mundial** de recursos, substâncias, plantas, animais e microorganismos, energia, entre outros.
2. O impacto do homem tecnológico sobre a biosfera e a geosfera provocou mudanças que nenhuma outra espécie foi capaz de rivalizar. Só há paralelo nas catástrofes naturais.

Problemas Existem...

- Segundo a OCDE, + 100.000 compostos em uso;
- 4.600 têm volume de produção > 10 t/ano;
- derivados de petróleo $\cong 3 \cdot 10^9$ t/ano;
- 12 POPs – Poluentes Orgânicos Persistentes:
 - 8 pesticidas: aldrin, diedrin, endrina, clordano, heptacloro, DDT, toxafeno e mirex;
 - 2 substâncias aplicadas à indústria: hexaclorobenzeno – HCB e bifenilas – PCB.
 - 2 subprodutos da combustão (resíduos): dioxinas – TCDD e furanos – Fs.



2,3,7,8-TCDD



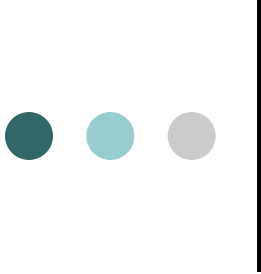
2,3,7,8-TCDF

**Estrutura do 2,3,7,8 TetraCloroDibenzoDioxina e Furano
dibenzo-p-dioxinas policlorados (PCDDs)
dibenzofuranos policlorados (PCDFs).**

75 PCDDs

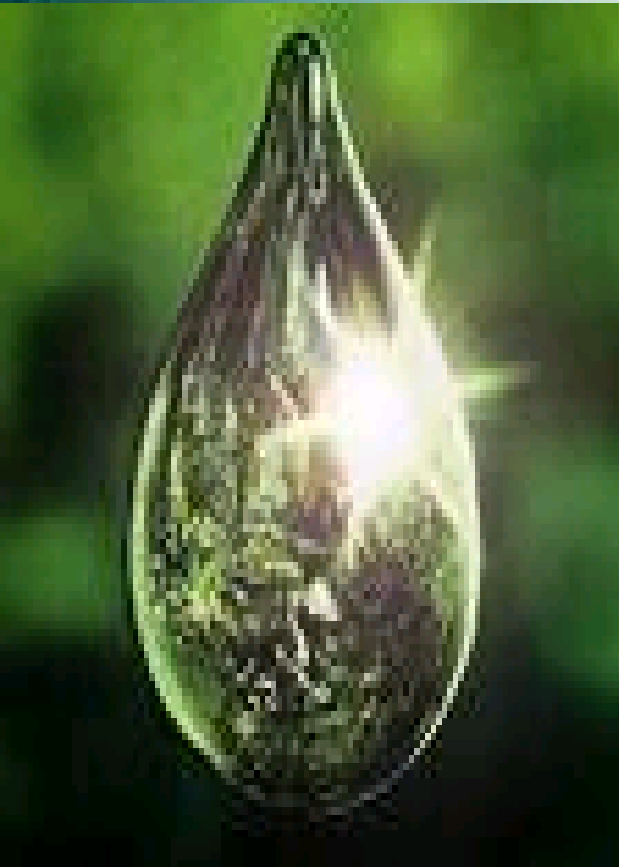
135 PCDFs

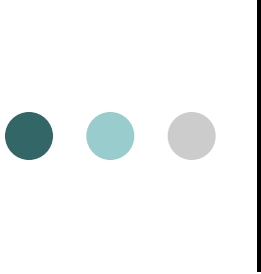
209 bifenilas policloradas - PCBs



DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS

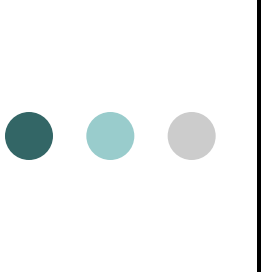
Segundo o World Water Council (WWC, 2009), estima-se que a população mundial próxima dos 7 bilhões de pessoas esteja gerando cerca de 40 milhões de toneladas de resíduos sólidos/ano e jogando 2 milhões de toneladas de resíduos nos cursos de água todos os dias.





Histórico das preocupações

- 1962 – Primavera Silenciosa - Rachel Carlson - **DDT**;
- Relatório Clube de Roma/71 - limites do crescimento;
- A conferência de Estocolmo/72 e o ecodesenvolvimento;
- 3º relatório do Clube de Roma/76, nova ordem internacional;
- Relatório Willy Brandt/80, para ONU;
- Relatório Brundtland/87, **Nosso Futuro Comum**, com a conceituação do desenvolvimento sustentável.
- Agenda 21 – Rio-92.



Acordos Internacionais

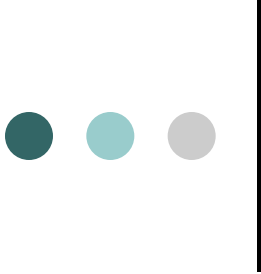
1987 / 90 Prot. Montreal: O₃ (CFCs)

1989/ 92 Conv. Basilea (Controle dos Movim.
Transfronteiriços de Resíd. Perigosos e sua disposição)

2001 / 04 Conv. de Estocolmo (12 POPs)

1998/ 04 Conv. de Rotterdam (PICs – Proced. de
Consent. Prévio Informado p/ Com. Intern. de Certos Prods. Químs
e Pesticidas Perigosos)

1997/05 Protocolo de Quioto (CO₂)



Desafios da Sociedade do Século 21

- reflexões interdisciplinares complexas;
- questões de ordem epistemológica em domínios diferentes, com interações:
 - da ciência da terra;
 - da ciência da vida e da natureza e;
 - das ciências sociais.

São questões antropológicas e éticas.

EVOLUÇÃO CONCEPÇÕES SÓCIOAMBIENTAIS

DATA	VALOR SOCIAL	MEIO AMBIENTE	PRINCÍPIO
1900	Progresso/ Tecnologia	Parques Santuários	Estética
1960	Qualidade de Vida = Consumo	Tratamento da Contaminação	Bem-estar
2000	Preservação/ Conservação	Desenvolvimento Sustentável	Ética

Fonte: Pardo Díaz, 2002, pp27.

ASPECTOS ESSENCIAIS

- Preservação da saúde humana e do meio ambiente. RIO 1992
- Uso eficiente de recursos e energia. RIO 1992

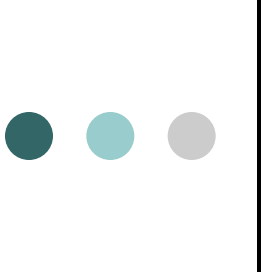
Sistemas sociais e políticos que conduzam a uma sociedade mais justa. Johannesburg, 2002

3 Rs

REDUZIR

REUTILIZAR

RECICLAR



Assumindo a Consciência Ecológica

O ser humano é dotado de uma parte de conhecimento e de outra de liberdade. Tem a possibilidade de agir desta ou daquela maneira, é o responsável por sua ação e disso não pode se esquivar. O ser humano, enquanto ser único, capaz de responsabilidades, é o responsável por aquilo que faz.

(Hans Jonas, citado em Alfredo Pena Vega, 2003)

Fonte: O Despertar Ecológico: Edgar Morin e a ecologia complexa, Rio de Janeiro, Garamond, 2003.

Sistemas vivos e redes

Segundo CAPRA, um organismo vivo deve obedecer três critérios:

- **Padrão de organização:** baseado em Rede Autopoiética - capacidade de auto-criar e delimitar.
- **Estruturas Dissipativas** : aberto estruturalmente embora fechado organizacionalmente - trocas e fluxos de energia e matéria.
- **Cognição** : processo de conhecimento.

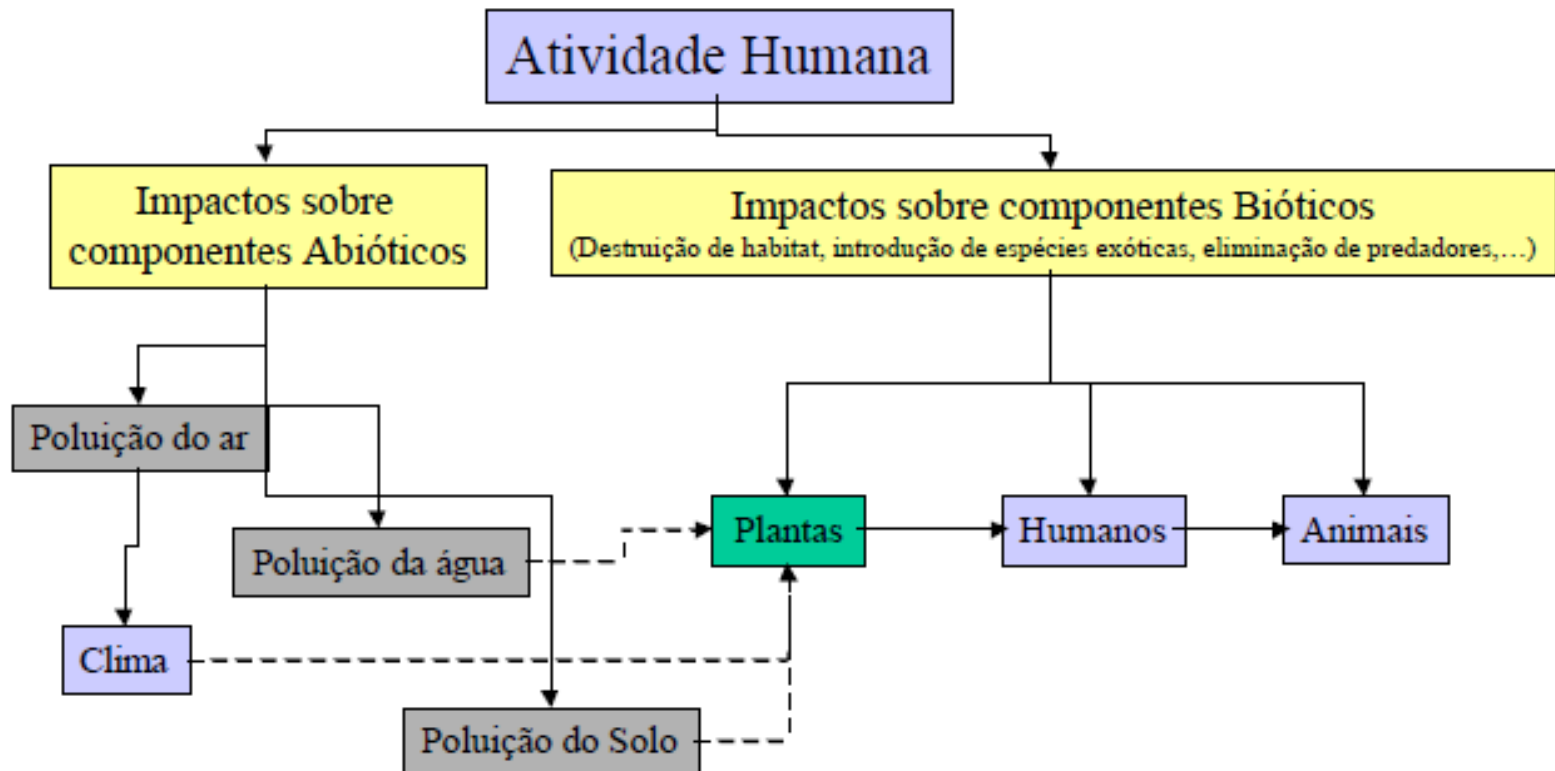
A característica chave de uma rede viva é que ela produz continuamente a si mesma.

O ser e o fazer dos sistemas vivos são inseparáveis, e esse é o seu modo específico de organização.

A função de cada componente da rede consiste em participar da produção ou da transformação dos outros componentes.

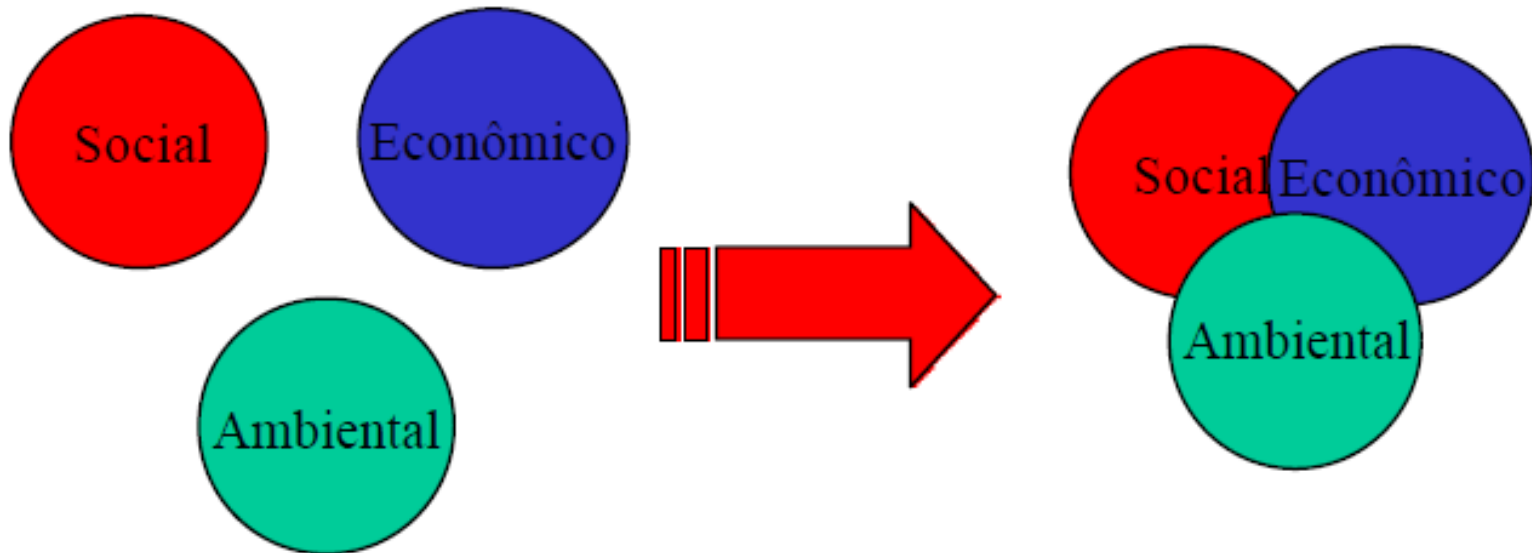
Fonte: **CAPRA**, Fritjof. **A teia da vida**: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. 6.ed. São. Paulo: Cultrix, 2001. 256 p.

Impactos Ambientais



UnB-CDS: Prof. Antonio C. P. Brasil Jun

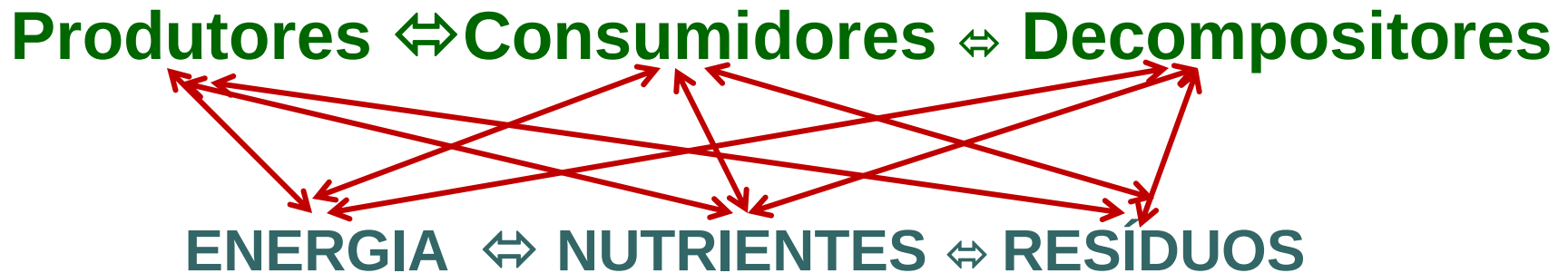
VISÃO INTEGRADA DA SUSTENTABILIDADE

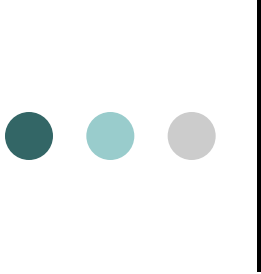


ECOSSISTEMA

Unidade organizacional constituída pelos biomas e pelos abiomas que ocorrem em um espaço específico.

Organização dos Ecossistemas





Desenvolvimento

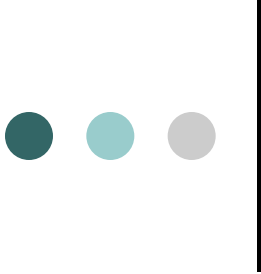
→ transformação econômica e social

ECODESENVOLVIMENTO

Maurice Strong, canadense, em 1973, formulou o conceito para caracterizar uma concepção alternativa de política do desenvolvimento.

Ignacy Sachs formulou os seis princípios básicos desta nova visão:

1. a satisfação das necessidades básicas;
2. a solidariedade com as gerações futuras;
3. a participação da população envolvida;
4. **a preservação dos recursos naturais e do meio ambiente em geral;**
5. a elaboração de um sistema social garantindo emprego, segurança social e respeito a outras culturas, e
6. programas de educação.



EM ESSÊNCIA

O DS é um processo de transformação no qual **a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional** se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de **atender às necessidades e aspirações humanas.**

Desafios sustentabilidade da civilização:

“estabilizar o clima, as populações e o consumo.” [1]

Para GADOTI, o termo “sustentável” associado ao desenvolvimento, sofreu um grande desgaste.

O NOVO CONCEITO:

Além da preservação dos recursos naturais e da viabilidade de um desenvolvimento sem agressão ao meio ambiente, que implica num equilíbrio do ser humano consigo mesmo e, em consequência, com o planeta (e mais ainda com o universo).

A sustentabilidade que defendemos refere-se ao próprio sentido do que somos, de onde viemos e para onde vamos, como seres do sentido e doadores de sentido de tudo o que nos cerca.

[1] Dias, Genebaldo F, *Pegada Ecológica e Sustentabilidade Humana*, São Paulo, Gaia, 2002, pp. 13.

● ● ● ● ●
**Que ações promovem
a sustentabilidade humana?**

**PENSAR GLOBAL E
AGIR LOCAL**

AÇÕES NOS NÍVEIS:

**Dos Governos,
Das Empresas,
Das Organizações Sociais,
Da EDUCAÇÃO, Ciência, Tec. & Inovação.**

Somos todos co-responsáveis



• • • | Temos uma nova cor - QV



QV/GREEN CHEMISTRY



EPA 2000

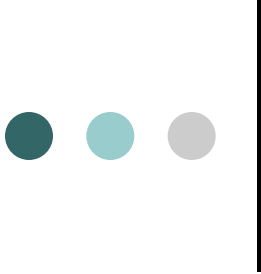
Environmental Protection Agency - USA

Missão

A criação, o desenvolvimento e aplicação de produtos e processos que reduzam ou eliminem o uso e a geração de substâncias perigosas. (Paul Anastas - EPA)



<http://www.epa.gov/greenchemistry/index.html>



Breve Histórico

- Pollution Prevention Act (1990);
- U.S.Green Chemistry Program (Rotas Sintéticas Alternativas para Prevenção da poluição – 1991)
- PGCC (Presidential Green Chemistry Challenge – 1995)

Europa e Ásia (década de 90):

- Itália: INCA (Consórcio Interuniversitário Nacional de Química para o meio ambiente);
- Reino Unido: programas de pesquisa e ensino;
- Japão: GSCN (“Green and Sustainable Chemistry Network”);

Comparações

Abordagem tradicional



Química Verde



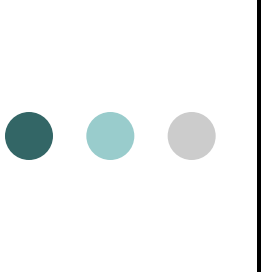
Química Verde – IUPAC, 2000

"A criação, desenvolvimento e aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas".

Organic and Biomolecular Chemistry Division (III)
Subcommittee on Green Chemistry

IUPAC
GREEN CHEMISTRY DIRECTORY

<http://www.incaweb.org/transit/iupacgkdir/INDEX.htm>



Conceitos Básicos

- ☐ Tecnologias e produtos não devem causar danos à saúde humana nem ao ambiente;
- ☐ Usar recursos renováveis preferencialmente aos não-renováveis;
- ☐ Maior eficiência energética;
- ☐ Produzir materiais biodegradáveis ou recicláveis.

QV: Definição Internacional UE 2003

“Desenvolvimento de produtos para aplicações sustentáveis, e sua produção mediante transformações químicas que sejam energeticamente eficientes, minimizem ou preferencialmente eliminem a formação de resíduos e o uso de solventes e reagentes tóxicos ou perigosos e utilizem fontes renováveis de matéria-prima toda vez que seja possível.”



A Página de divulgação da Química Verde no Brasil

<http://www.ufpel.tche.br/iqg/wwwverde/>

Copyright 2002 – WWVerde – Todos os direitos reservados



Artigos
Artigos livres na web

O Quadro de classificação periódica da sustentabilidade

Uma metáfora para a química verde e ecologia industrial

ADÉLIO A. S. C. MACHADO*

Química Sustentável

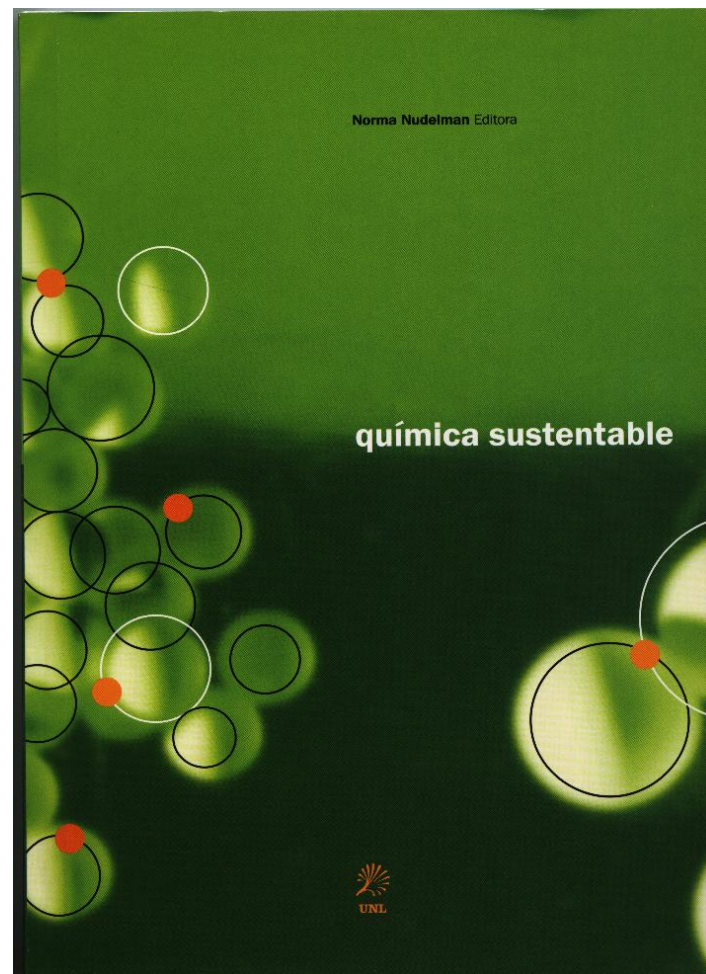
UNL, 2004

Autores

- Argentina
- Brasil
- Chile
- Colombia
- Uruguay
- Venezuela

❖ 1° Curso Latinoamericano
de QS Mendoza, nov. 2005

❖ 2° Curso LA de QS
Bahía Blanca, Nov. 2006



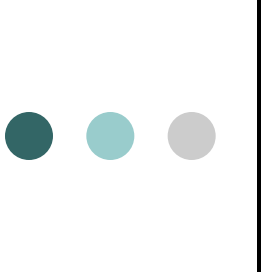
I Escola de Verão em Química Verde – IQ USP

**Informamos a todos que a
4ª Escola de Química Verde
adiada para o final de janeiro e
início de fevereiro de 2011,
trazendo novidades, uma delas é
a abertura das inscrições para
Pós-Graduando de toda a América
Latina.**



ro de 2007

<http://www.quimicaverde.iq.usp.br/>



3^a Conferência Internacional IUPAC em QV

- 15 a 19 / [agosto 2010](#) - Ottawa, Canadá, América do Norte

Objetivo: Incentivo a pesquisas que levem Rotas para uma Indústria Verde.

Temática

- Sínteses Amigáveis (catálise, solventes, reagentes);
- QV produção de energia (hidrogênio, células de combustível, produção de energia verde e combustíveis a partir de biomassa);
- Produtos químicos renováveis (a partir de biomassa, de resíduos plásticos, e de resíduos CO₂);
- Engenharia Verde (intensificação do processo, poupança de energia, separações);
- Educação em química verde e engenharia;
- Políticas (empresariais e governamentais).

Série de Textos da
Escola de Verão em Química

V

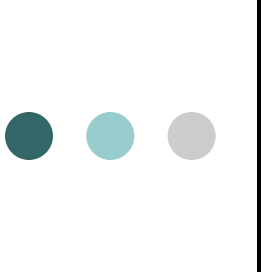
Química Verde: fundamentos e aplicações

Arlene G. Corrêa
Vânia G. Zuin
(organizadoras)

EdUFSCar

CORRÊA, Arlene G. e ZUIN, Vânia
São Carlos: EdUFSCar, 2009.
172 p. ISBN: 978-85-7600-150-8.

- Princípios Fundamentais da QV;
- Solventes Alternativos;
- Reações Ativadas por Ultrassom e Irradiação de microondas;
- Fontes Alternativas de Energia - Células Fotovoltaicas e a Combustível;
- Biocatálise e Biotransformação;
- Desenvolvimento de metodologias Analíticas Verdes: Preparo de Amostras;
- Tecnologias Verdes para a Preservação do meio Ambiente: Tratamento de Efluentes Aquosos.



Por que apoiar e divulgar o **CHEMPOWER?**



O Instituto de Química Verde ACS® - desenvolvendo esforços de educação e sensibilização para:

- ☐ Integrar a química verde em todos os níveis da educação;
- ☐ Desenvolver um consenso (nacional) em torno de uma química verde e padrões de Tecnologia de Processos;
- ☐ Guia de aplicação industrial, o que é bom para a saúde humana, ao meio ambiente, e para a comunidade empresarial;
- ☐ Educar para incentivar a ação progressiva nas áreas críticas da química verde, energia e alterações climáticas.

OS 12 PRINCÍPIOS DA QV

1) *Prevenção;*

- Evitar a produção do resíduo é melhor do que tratá-lo ou “limpá-lo” após sua geração.

2) *Economia de átomos;*

- Sínteses que possam maximizar a incorporação de todos os materiais de partida no produto final.

3) *Sínteses com compostos de menor toxidez;*

- Utilizar e gerar substâncias que possuam pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente.

4) *Desenvolvimento de compostos seguros;*

- Modelagem molecular desenvolvida para realizar a função desejada e ao mesmo tempo não sejam tóxicos.

OS 12 PRINCÍPIOS DA QV

5) *Diminuição de solventes e auxiliares;*

- Solventes, agentes de separação, secantes, etc., precisam sempre, que possível, tornar-se desnecessários e, quando utilizadas, substâncias devem ser inócuas.

6) *Eficiência energética;*

- A utilização de energia pelos processos químicos precisa ser reconhecida pelos seus impactos ambientais e econômicos e deve ser minimizada. Buscar processos conduzidos à temperatura e pressão ambientes.

7) *Uso de substâncias recicladas e renováveis;*

8) *Redução de derivativos;*

- Uso de grupos bloqueadores, proteção/desproteção, modificação temporária por processos físicos e químicos, devem ser minimizados ou, se possível, evitados, porque estas etapas requerem reagentes adicionais e podem gerar resíduos.

OS 12 PRINCÍPIOS DA QV

9) *Catálise;*

- Reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são melhores que reagentes estequiométricos.

10) *Desenvolvimento de compostos para degradação;*

- Ao final de sua função, se fragmentem em produtos de degradação inócuos e não persistam no ambiente.

11) *Análise em tempo real para a prevenção de passivos ambientais;*

- Desenvolvimento de metodologias analíticas que viabilizem um monitoramento e controle dentro do processo, em tempo real, antes da formação de substâncias nocivas.

12) *Química segura para a prevenção de acidentes.*

- Substâncias devem ser escolhidas a fim de minimizar o potencial para acidentes químicos, incluindo vazamentos, explosões e incêndios.



Economia de átomos

RENDIMENTO DA REAÇÃO - %

$$= \frac{\text{MASSA OBTIDA}}{\text{MASSA TEÓRICA}} \times 100$$

ESTEQUIMÉTRICA

EFICIÊNCIA DE ÁTOMOS - %

$$= \frac{\text{MASSA OBTIDA}}{\text{MASSA TOTAL DE REAGENTES}} \times 100$$

PRÁTICA

Fator E

$$= \text{kg DE RESÍDUO GERADO} / \text{kg PROD. OBTIDO}$$



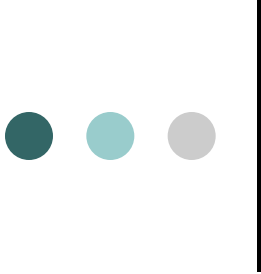
fator *E*.

Eficiência de átomos

Tabela 3. O fator *E* de alguns segmentos industriais³¹

Segmento industrial	Produção Anual (Toneladas)	kg - subproduto/ kg - produto (Fator <i>E</i>)
Refinarias de petróleo	$10^6 - 10^8$	$<0,1$
Química Pesada	$10^4 - 10^6$	$<1 - 5$
Química Fina	$10^2 - 10^4$	$5 \rightarrow 50$
Indústria Farmacêutica	$10 - 10^2$	$25 \rightarrow 100$

Fonte: "Green chemistry" - Os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa, **Quím. Nova vol.26 no.1 São Paulo Jan./Feb. 2003**, referenciado a Sheldon, R. A.; *Chem. Ind.* **1997**, 12.



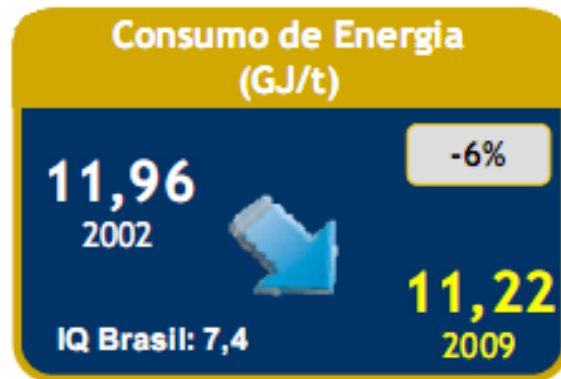
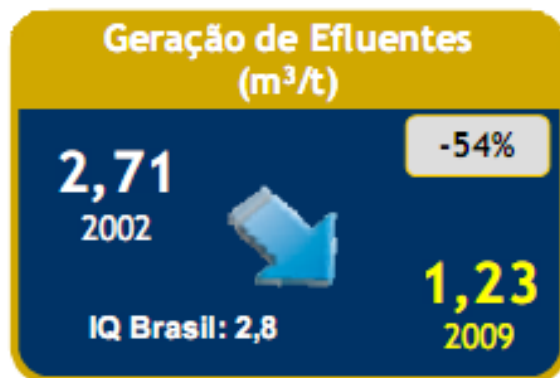
Produção mais Limpa (P+L)

É a aplicação contínua de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos, produtos e serviços, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, pela não geração, minimização ou reciclagem de resíduos e emissões, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômicos.

PRODUÇÃO ECOEFICIENTE

www.pmaisl.com.br Rede Brasileira de P+L

O que a Química Verde faz?



Fonte: IQ mundial de 2007 (ICCA, 2009) e Brasil de 2008 (Abiquim, 2009)

sólidos ácidos e básicos como catalisadores e para a remoção de contaminantes de efluentes

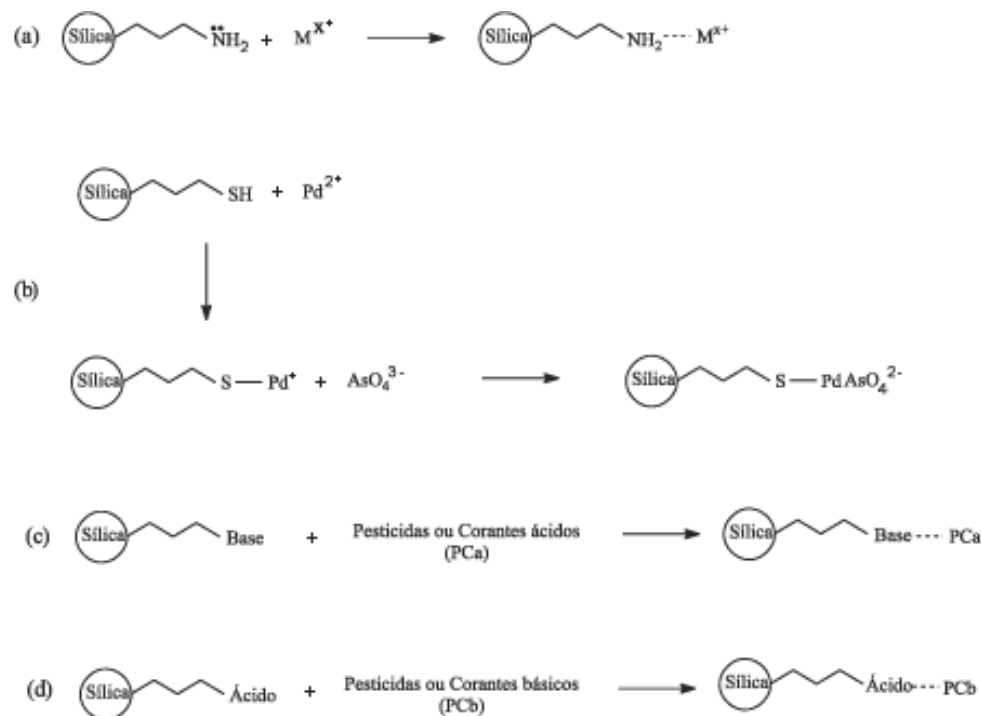


Figura 6. Esquemas propostos para remoção de contaminantes utilizando as sílicas hexagonais mesoporosas modificadas: (a) adsorção de cátions por sílica modificada com o grupo amina; (b) adsorção de paládio e posterior adsorção de arsenato por sílica modificada com o grupo tiol; (c) adsorção de corantes e pesticidas ácidos por sílica modificada com um grupo básico e (d) adsorção de corantes e pesticidas básicos por sílica modificada com um grupo ácido



PROGRAMA ATUAÇÃO RESPONSÁVEL

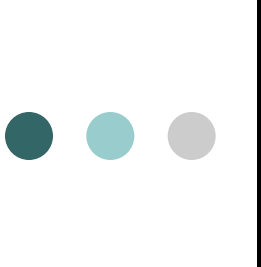
desde 1992 - ABIQUIM

FOCO CENTRAL:

Fornecer à indústria química brasileira e aos prestadores de serviços ao setor o conhecimento e as ferramentas para melhor enfrentar as complexas mudanças ditadas por novas exigências de uma sociedade preocupada em criar e fortalecer as bases para o desenvolvimento sustentável.

O programa é apontado como um dos melhores dos existentes em 47 países.

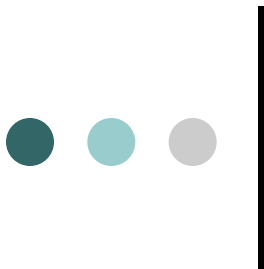
Fonte: www.abiquim.org.br



TEMOS UM GRANDE DESAFIO

- 1. Integrar princípios, valores, e práticas de desenvolvimento humano sustentável em todos os níveis da sociedade.**
- 2. Encorajar mudanças no comportamento para criar um futuro mais sustentável em termos da integridade do meio ambiente, da viabilidade econômica, e de uma sociedade justa para as atuais e as futuras gerações.**
- 3. Estimular mudanças de atitudes nas populações, uma vez que as capacidades intelectuais, morais e culturais dos humanos nos impõem responsabilidades para com outros seres vivos e para com a natureza.**



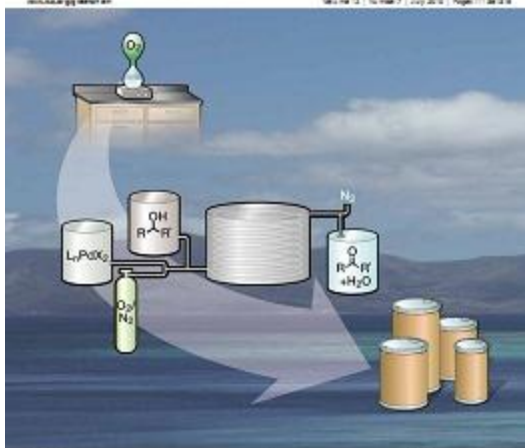


Leading Journal
Green Chemistry
www.rsc.org/greenchem
RSC Publishing

Green Chemistry

Cutting-edge research for a green sustainable future

Volume 12 | Number 7 | July 2010 | Pages 111-248



RSC Publishing

Journal of
Physical Chemistry
Solid State
Green Chemistry

Chemical Education
Environmental Chemistry
Environmental Chemistry
Environmental Chemistry

Environmental Chemistry
Environmental Chemistry
Environmental Chemistry



ACS
Green
Chemistry
Institute

One day **all chemistry** will be
Green Chemistry.

(<http://www.chempower.org/aboutgreenchemistry.html>)

***Muito Obrigada,
Pela atenção.***

ellendias2@hotmail.com